

学校编码: 10384

分类号____密级____

学号: 19820110154053

UDC ____

厦门大学

博士学位论文

对银河系热气体和伽玛射线暴中心引擎的研究

Researches on the Galactic Hot Gas and the Central Engine of

Gamma-ray Burst

罗 阳

指导教师姓名: 顾为民 方陶陶 教授

专 业 名 称: 理论物理

论文提交日期: 2014年5 月

论文答辩时间: 2014年5 月

学位授予日期: 2014年6 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2014年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

() 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

() 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要VIII

Abstract.....IX

第一章 绪论.....1

 第一节 银河系的X射线热气体1

 1.1 星系的形成与演化1

 1.2 星系形成过程中的反馈机制4

 第二节 多相星际介质9

 第三节 吸收线.....10

 第四节 X射线望远镜13

 第五节 当前银河系X射线热气体研究状态15

第二章 X射线双星的高电离吸收线来源的研究24

 第一节 引论.....24

 第二节 样本选择和数据处理25

 第三节 分析及结果.....26

 3.1 时变27

 3.2 与理论的比较.....29

 第四节 结论及讨论.....36

第三章 基于XMM-Newton的X射线源的OVII吸收线搜寻42

 第一节 简述.....42

 第二节 观测和数据处理44

 2.1 选源以及数据处理44

 2.2 吸收线分析45

 第三节 讨论.....49

 3.1 利用空间临近源来分析吸收线其源49

 3.2 ISM分布的分析52

 3.3 不同类型源的各自分析55

 第四节 总结.....56

第四章 伽玛射线暴中带磁场耦合的中微子冷却吸积盘61

 第一节 简介.....61

 第二节 方程.....62

 第三节 数值结果63

 3.1 盘的结构.....63

 3.2 湮灭光度.....64

 3.3 黑洞自旋能量提取效率67

 第四节 与观测的比较69

 第五节 结论和讨论.....70

第五章 研究展望74

 第一节 漩涡星系的X射线冕.....74

 第二节 ISM金属丰度的研究.....77

 第三节 AGN光谱中Fe线的搜寻.....83

发表文章90

致 谢.....91

Abstract (Chinese).....	VIII
Abstract (English)	IX
Chapter One Introduction.....	1
Section One X-ray Emission from The Milk-Way Halo.....	1
1.1 Galaxy Formation and Evolution	1
1.2 Galactic Feedback.....	4
Section Two Multiphase Interstellar Medium.....	9
Section Three Absorption lines.....	10
Section Four X-ray Observatories.....	13
Section Five Research Status of the Galactic X-ray Emission.....	15
Chapter Two On the Origin of Highly Ionized X-ray Absorbers Detected in the Galactic X-ray Binaries	24
Section One Introduction.....	24
Section Two Sample Selection and Data Reduction	25
Section Three Analysis and Results.....	26
3.1 Variability	27
3.2 Comparison with Theories	29
Section Four Conclusion & Discussion	36
Chapter Three XMM-Newton Survey of Local OVII Absorption Lines in the Spectra of Galactic X-ray sources.....	42
Section One Introduction.....	42
Section Two Observation and Data Analysis.....	44
2.1 Target Selection and data reduction.....	44
2.2 Absorption Line Analysis	45
Section Three Discussion	49

3.1	Probe the Line Origin from Spatially Proximate Pairs	49
3.2	Study of ISM Distribution	52
3.3	Comments on Targets in Types.....	55
Section Four	Summary.....	56
Chapter Four	Neutrino-cooled Accretion Model with Magnetic Coupling for X-ray Flares in GRBs	61
Section One	Introduction.....	61
Section Two	Equations	62
Section Three	Numerical results	63
3.1	Disk structure	63
3.2	Annihilation luminosity.....	64
3.3	Efficiency of BH rotational energy extraction	67
Section Four	Comparison with observations.....	69
Section Five	Conclusions and discussion	70
Chapter Five	Research Prospect	74
Section One	Galactic X-ray Coronae.....	74
Section Two	ISM Metallicity Abundance from X-ray Studies	77
Section Three	Survey of FeXVII Absorption Line	83
Publications.....		90
Acknowledgments		91

摘要

当前的X射线天文望远镜的发展为研究星系形成与演化提供了前所未有的机遇。自从Chandra和XMM-Newton开始运作，由于其较高的分辨率因而使得大量的X射线源可以被探测到，在这些观测发现中，一个重要的观测就是弥散热气体所产生的X射线辐射以及这些气体所产生的吸收信号。星系附近周围的并且能够产生X射线的热气体是星系形成与演化过程中重要的产物，这些气体的性质以及在星系中的含量和分布都对我们理解当前星系的形成与演化理论有着重要的影响。

我们的工作主要是基于X射线双星的观测，通过搜寻其光谱中的热气体吸收线，从而分析得到银河系盘上的热气体性质以及分布。在第一章我们主要介绍星系产生热气体的理论机制，以及为什么我们需要探测这些热气体。我们的工作是基于X射线吸收线的研究，所以在该章同时我们也介绍吸收线的理论模型和探测这些吸收线所需要的观测仪器，包括Chandra和XMM-Newton。在该章最后我们简要的阐述当前的X射线热气体的研究状态。

在第二章我们讨论这些X射线双星中观测到的高电离吸收线是否是由银河系盘上的热气体产生，在该章我们基于Chandra的观测采用了三种方法来讨论该问题，包括吸收线随时间的变化情形，吸收线跟源光度的关系，以及理论跟观测的比较。我们的结果显示有部分源的高电离吸收线应该是由X射线双星内秉的外流产生，而银河系盘上的热气体的贡献应该非常小，也因此这些吸收线只能对星系热气体含量做一个上限的估计。

在第三章，我们扩大了源的样本数量，并使用XMM-Newton的观测数据来系统的分析这些吸收线以及其对应的星系热气体性质。我们观测到了更多的X射线源以及其光谱中的高电离吸收线，同时也发现更多数量的源的吸收线是由X射线双星内秉产生。基于银河系热气体密度的上限估计，我们推测出太阳附近3 kpc范围内的热气体密度上限是在 $1.64 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-3}$ 。

在第四章，我主要介绍我早期在伽玛射线暴中心引擎上的一个工作。在该工作中，我们发现伽玛射线暴中，普通的中微子冷却吸积盘并没有足够的吸积盘质量来驱动后期的X射线耀发现象。为此我们建立了一个具有磁场耦合的中微子吸积盘模型，通过该模型来提高吸积盘的能量释放效率，从而减小后期X射线耀发对吸积盘质量的依赖。通过观测跟我们模型的比较，我们的模型可以解释后期的X射线耀发。

在最后一章，我们介绍我们工作的展望部分，基于我们得到的吸收线数据，我们讨论可能的星系的形成与演化理论模型。除此之外，我们也讨论了X射线双星吸收线对星际介质的多相结构的研究。在X射线双星中同样也观测到大量的FeXVII吸收线，我们也同样的讨论该吸收线在活动星系核的光谱中的观测，试图比较两者之间的不同或者限制吸收线的性质等。

关键词：星系；星际介质；X射线双星；伽玛射线暴

Abstract

The presence of hot gaseous coronae in dark matter halos is a fundamental prediction of structure formation models. This hot gas is probably a result of shock-heating of intergalactic gas or stellar feedback (supernova explosions or stellar wind from massive stars). However, the relative importance of these two processes is not well known. The extent and mass of the hot coronae are of great interest to our understanding of cosmological models of galaxy formation, since these models predict that the hot gas would extend out to the virial radius and potentially host a large percentage of the galaxy's baryons. Similarly, the hot gas distribution within the galactic disk would give further constraints on the galactic feedback processes.

My thesis work concentrates on the study of the Galactic hot gas based on the observations of X-ray binaries. In the past decade, Chandra and XMM-Newton observed a large number of Galactic X-ray binaries (XRB), and some have been observed multiple times. In the spectra of XRB, a series of highly ionized absorption lines are found, indicating a large amount of hot gas along the sight-line toward background sources. Since XRBs are located within the galactic disk, these absorption lines, if produced by the hot inter-stellar medium, would give further information of the galactic feedback process.

In the second chapter, we concentrate on the origin of the highly ionized absorbers detected in the galactic X-ray binaries. The detection of numerous highly ionized absorption lines in X-ray binaries reveals that large amounts of hot gas exists along the sight lines. However, the X-ray absorbers could be intrinsic to the X-ray binary system or produced in the ISM. In the case of an inter-stellar medium (ISM) origin, their distribution and properties, in particular when compared with what were observed in the X-ray spectra of the AGNs, would give further understanding of the multi-phase ISM structure or galactic feedback process. However, these X-ray absorbing, hot gas can also be intrinsic to the XRBs, thus preventing a full understanding of the multi-phase structure of the ISM. To investigate this problem, a large sample of highly ionized absorption lines is required.

In chapter three, we continued with this investigation by performing a systematic survey of O VII absorption lines in all galactic X-ray targets. These observations provide an important database to study the hot absorbers which could give us a global understanding of the hot ISM distribution and even the origin of the absorption lines. We construct a list of the galactic X-ray sources from the archival data obtained by XMM-Newton. Considering the intrinsic contribution to the absorption, the local hot gas density for an upper limit estimation is expected as $8.04 \times 10^{-4} \text{cm}^{-3}$. As to the investigation of the origin of the O VII line, we find tentative evidence that two targets may have intrinsic contribution to the O VII absorber. In this work, we only

present the observation data. Later work combining a similar survey for AGN would give further constraints on the hot gas properties.

In chapter four, my work focus on the central engine of gamma-ray burst. In this work, we concentrate on the issue that whether or not the remnant disk after the prompt gamma-ray emission can power X-ray flares through neutrino annihilation. We investigate the neutrino-cooled disk with magnetic coupling (MC) between the inner disk and the BH, where the magnetic field connects the accretion disk and the central BH. In such a model, the angular momentum and the energy are transported from the BH horizon to the accretion disk through a closed magnetic field. Accordingly, this transported energy will be released and therefore increase the radiation of the disk. For mass accretion rates around $0.001 \sim 0.1 M_{\odot} \text{ s}^{-1}$, our results show that the luminosity of neutrino annihilation can be significantly enhanced due to the coupling effects. As a consequence, after the gamma-ray emission, a remnant disk with mass $< 0.5 M_{\odot}$ may power most of the observed X-ray flares with the rest frame duration less than 100 s.

There is a great deal of additional work required to understand the galactic hot gas properties and therefore galactic feedback process. I will discuss some related work in the last chapter, including theoretical modelling of the galaxy formation and evolution, structure of the multiphase ISM, and FeXVII absorption line survey.

Keywords: Galaxies: ISM, X-ray binary; Gamma-ray burst

第一章 绪论

当前的X射线天文望远镜的发展为研究星系形成与演化提供了前所未有的机遇。自从Chandra和XMM-Newton开始运作，由于其较高的分辨率因而使得大量的X射线源可以被探测到，其中这些源大部分都是不同种类的恒星演化后期产物（比如低/高质量X射线双星），超新星遗迹，以及活动星系核。除此之外在这些观测发现中，一个重要的观测就是弥散热气体所产生的X射线辐射以及这些气体所产生的吸收信号。星系附近周围的并且能够产生X射线的热气体是星系形成与演化过程中重要的产物，这些气体的性质以及在星系中的含量和分布都对我们理解当前星系的形成与演化理论有着重要的影响。

星系中的 10^6K 热气体对星系形成与演化的理论有着重要的作用，这些热气体可以由星系际介质吸积到星系中心过程中被激波加热产生，也有可能是一系列的反馈机制产生，比如活动星系核(AGN)的反馈，恒星星风及辐射，超新星爆发等。对这些热气体的分布的观测可以为我们的深入理解星系形成以及演化过程有着重要的作用。这些热气体的温度大概处于星系的维里温度，因此其辐射大多处于X射线，也因此X射线的观测是一种有效的观测手段。

对星系热气体观测的一个重要突破就是X射线吸收线的观测。基于Chandra和XMM-Newton中光栅技术的使用，吸收线的研究开始应用于对星际介质的研究。与发射线不同，发射线主要取决于热气体的密度，而高电离的金属吸收线，比如OVII，OVIII和NeIX是可以直接探测气体柱密度。吸收线的探测可以直接给出吸收气体的热性质，化学性质，以及动力学性质。虽然当前观测到的吸收线没有被完全的分辨出来（仪器分辨率约为 $\sim 400\text{-}500\text{ km s}^{-1}$ ），但气体的速度弥散仍然可以通过吸收线增长曲线的饱和状态推测出来。同时从碳(C)到铁(Fe)元素的K-shell跃迁基本都处于软X射线波段，因此这些吸收线亦可以用来探测星际介质(ISM)的不同成分。

我们的工作主要是基于X射线双星(XRB)的观测，搜寻其光谱中的热气体吸收线，从而分析得到银河系盘上的热气体性质以及分布。在本章我们主要介绍星系产生热气体的理论机制，以及为什么我们需要探测这些热气体，除此之外在该章第二节，我们介绍探测这些热气体的方法，介绍什么是吸收线，以及吸收线的模型和为什么可以用吸收线来探测这些热气体，然后在该章第三节我们介绍探测这些吸收线所需要的仪器包括Chandra和XMM-Newton。最后一小节我们简述当前的X射线热气体的研究状态。

第一节 银河系的X射线热气体

1.1 星系的形成与演化

在早期的宇宙大尺度形成和星系形成演化过程中，早期宇宙密度场（包括暗物质和重子物质）中形成的原初扰动（primordial perturbation），这种原初扰动现在一般认为是暴涨形成的。由于Jeans不稳定性，暗物质会在自引力作用下坍缩，这就是密度涨落的增长。在后

期的重子物质和光子退耦后，重子物质也会落入暗物质形成的势阱里。当暗物质增长到一定程度可以形成暗物质晕（dark matter halo），而重子物质则形成星系这样的结构。较小的暗晕可以通过吸积和并合形成质量更大的暗晕，这就是所谓的等级成团（hierarchical clustering）模式，星系也随着其居住的暗晕的演化而发生演化。同时，气体在进入暗物质晕的过程中被激波加热，并经由辐射冷却，进而由于引力不稳定性演化为恒星。大量的恒星形成产生了我们能直接观测的星系。在这种模型下，星系的性质主要由所在暗晕的形成历史、气体吸积、恒星形成、超新星和黑洞的能量反馈等一系列物理过程决定[1-4]。

因为我们能直接观测到的都是天体所辐射的光子，也因此我们能得到的观测量都是直接跟重子物质以及电子相关。在研究我们所观测到的结构的形成与演化时，我们在理论上就需要考虑相应的气体动力学，以及辐射过程。在早期宇宙形成时，重子物质和暗物质都是混合在一起，因此其密度扰动 δ_b （重子）和 δ_{dm} （暗物质）在线性框架下，且扰动尺度上大于Jeans尺度的气体上时应处于相同的水平。在后期到达非线性扰动阶段，我们就需要复杂的气体动力学演化过程。

在研究气体的动力学演化时，我们可以假设气体是理想气体（ideal fluid）并可以忽略流体方程的热传导和粘滞应力。在physical coordinates, r , 连续性方程，Euler方程，以及能量方程可以写为：

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v) = 0 \quad (1.1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla)v = -(\nabla \Phi + \frac{\nabla P}{\rho}) \quad (1.2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} [\rho (\frac{v^2}{2} + \varepsilon)] + \nabla \cdot [\rho (\frac{v^2}{2} + \frac{P}{\rho} + \varepsilon)v] - \rho v \cdot \nabla \Phi = \mathcal{H} - \mathcal{C} \quad (1.3)$$

其中 ρ, v, P, ε 分别是密度，速度，压强和流体的比内能。 \mathcal{H} 和 \mathcal{C} 相应是单位体积的加热率和冷却率。对一个理想气体且绝热指数为 γ ，我们可以得到状态方程为 $P = \rho (\gamma - 1) \varepsilon$ 。在计算中引力势能 Φ 满足Poisson 方程：

$$\nabla^2 \Phi = 4\pi G \rho_{tot} \quad (1.4)$$

其中 ρ_{tot} 是总的质量密度。

为了研究重子成分在理想气体假设框架下的演化过程，我们就有必要考虑流体的加热和冷却过程。在星系的演化中，重子物质的分布认为是在Jeans尺度上沿随着暗物质的分布。为了形成星系重子在引力的作用下吸积流向暗物质晕中心，在吸积过程中重子物质会逐渐加速到其声速而产生激波。而发生激波的半径一般处于吸积气体的冷却时标大于其动力学时标处。气体受到维里激波的影响，其掉落的动能将被转换为热能，因此会被加热到维里温度：

$$T_v = \frac{2}{3} \frac{GM_v}{r_v} \frac{\mu m_H}{k_B} \quad (1.5)$$

其中 T_v 是星系的维里温度， M_v 和 r_v 是相应的维里质量和维里半径。气体的冷却过程一般需要考虑两种过程Compton cooling 和Radiative cooling。在Compton cooling时，当低能光子 $h\nu$ 通过一团非相对论的温度为 T_e 热电子气体($h\nu \ll m_e c^2$; $k_B T_e \ll m_e c^2$)。光子会和电子会因为Compton散射而相互交换能量。如果辐射光子场是一个温度为 $T_\gamma \ll T_e$ 的热辐射背景，整体的效果就是电子损失能量，而光子获得能量从而使得电子气体开始冷却。在Radiative cooling过程中，跟结构形成相关的最主要的辐射来自two-body 辐射过程。在温度大于 $10^6 K$ 的气体中，原初的气体基本都是处于完全电离状态。在温度高于 $10^7 K$ 时即使包含重离子的气体，这些气体仍然处于完全电离状态。在此时气体的辐射冷却主要是韧致辐射(bremsstrahlung)

(电子接近原子核是加速而产生的辐射)。在温度低于 $10^7 K$ 的气体，其辐射过程就需要考虑其他的过程，首先是碰撞电离(collisional ionization)，原子被电子碰撞电离，其次是复合过程(recombination)，电子同离子的复合而发出光子，所有的过程都取决于气体的温度。在温度低于 $10^4 K$ 时，大部分的电子都处于复合状态，此时金属元素的冷却过程起了很大的作用，此时会发生金属的一些能层跃迁从而损失光子而辐射冷却。在图1.1中我们显示气体的冷却函数。可以看出金属元素对冷却过程的影响，当丰度越高时冷却率会比低丰度的气体高。同时在温度处于 $10^5 K$ 左右时，气体的冷却率相对于气体温度的气体冷却越高，也因此星系中该温度的气体常常很快冷却到低温，而在星系中含量较少。在温度较高的 $10^6 K$ ，其冷却率较低因而冷却时间较长因而可以在星系中存在很长时间。

在重子物质掉入后期，重子之间的相互作用会使得气体逐渐达到平衡状态，一般可以假设气体处于流体静力学平衡状态。在该情形气体的分布可以描述为：

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{GM(r)}{r^2} \rho(r) \quad (1.6)$$

其中 P 是气体压强， $\rho(r)$ 是气体密度分布以及 $M(r)$ 是处于 r 半径以内的所有物质总质量。除此之外气体分布也会在小尺度上受到其他的影响，比如湍流，宇宙射线压，磁压。同时在星系的形成过程中，暗物质晕仍然会继续吸积星系际介质，因此会导致激波的生成，在产生激波的半径我们称为激波半径 $r_{sh}(t)$ 。在考虑到重子物质的激波加热以及其冷却过程，为了理解星系的气体性质就需要一系列的数值计算。首先最重要的一个时标是气体的冷却半径 r_{cool} 跟激波半径 r_{sh} 相同的时候，此时的时标可以定义为 t_{crit} 。因为 r_{sh} 的增长在时间上比 r_{cool} ，当 r_{cool} 小于 r_{sh} 时，处于这两个半径之间的气体可以认为是处于流体静力学。而在 $t \ll t_{crit}$ 气体在形成激波的同时就会开始冷却，因此不能被描述为静力学平衡状态，此时的气体会以接近于free-fall掉入星系内部，因此激波加热不是很有效，所有的气体大都处于冷气体状态，该模式被称为cold mode。暗晕对气体的吸积大致可以分为两种模式，当暗晕质量较小时，暗晕周边的纤维状结构也大到足以促进氢分子的形成。在这种情况下，气体可以通过氢分子来冷却并沿着纤维状结构直接到达暗晕的中心区域。这种吸积模式称为冷吸积(cold accretion)。沿着纤维状结构进入的冷气体具有很高的速度，并将在暗晕的中心附近转化为湍流的小尺度

运动。在高质量的暗晕中，热吸积(hot accretion)的模式占据主导。在这种模式下，暗晕直接从星系际介质吸积气体并将其加热至维里温度，暗晕内部的气体处于准流体静力学状态。在任何一种情形，热气体都会充满整个暗物质晕。如果没有其他的耗散过程，这些热气体仍会保持该状态。然而热气体仍然也会产生辐射最终逐渐冷却，逐渐向中心塌缩聚集开始冷却形成星际介质以及恒星。

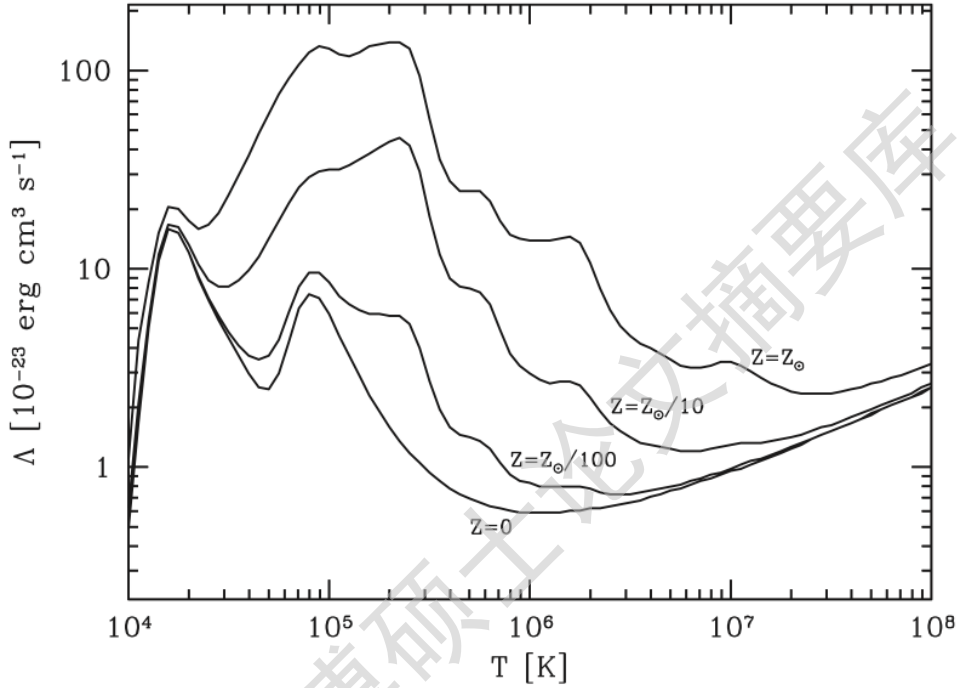


图1.1 不同丰度的气体的冷却函数 [3]。

在星系的重子物质形成星系的过程中，这些气体虽然会逐渐冷却，但在星系晕中的气体其冷却时间长于其暗物质晕形成时间，因此这些气体还没完全冷却，仍然会处于高温状态。对于银河系，其维里质量大约为 $\sim 1-2 \times 10^{12} M_{\odot}$ [5-7]，相应的维里半径为 ~ 277 kpc [8]。在宇宙学的研究中，重子物质的成分比例 $f_b \equiv \Omega_b / \Omega_m = 0.171 \pm 0.006$ [9]。基于该参数，银河系的重子物质也应该估计为 $3.42 \times 10^{11} M_{\odot}$ ，然而在观测上，恒星的质量大概为 $5 \times 10^{10} M_{\odot}$ [10]，同时能观测到的星际气体和尘埃部分的质量大约为 $1-2 \times 10^{10} M_{\odot}$ 。这些恒星和气体加尘埃的总质量比例远小于宇宙的重子比例，因此可以看出在银河系中仍然有大量的失踪重子当前并未被探测到。理论上的解释认为这些失踪重子是处于高温低密的弥散气体状态 [10]。银河系的维里质量接近于 $2 \times 10^{12} M_{\odot}$ ，其维里温度因此也处于 10^6 K量级。在该温度的气体的热辐射大概处于软X射线波段，因此通过X射线源望远镜可以观测到星系的形成过程中的X射线热气体。

1.2 星系形成过程中的反馈机制

在早年的研究中，就已经意识到暗物质晕中的恒星形成可能效率并非100%[3,11]。后期的观测基本都验证了这个观点，其中主要主要的两点观测就是：

1. 恒星的质量密度大概是 $\Omega_* = (2.3 \pm 0.34) \times 10^{-3}$ [12]，该值原小于宇宙的总重子密度 $\Omega_b = 0.0462 \pm 0.0015$ [9]。也就是说只有很小的一部分重子物质转化形成恒星，恒星的形成效率远低于预期。在图1.2 [13]我们显示当前的所有重子在不同物质形式的分布。可以看到存在于星系的重子成分只有7%左右，而大部分的重子处于所谓的warm-hot intergalactic medium。

2. 当前的发现理论得到的星系的光度函数或者是质量函数的形式跟观测得到的并不是非常符合，在图1.3中我们显示理论计算的星系质量方程和观测的光度函数的比较，在低质量星系，理论预测应该有更多星系数目，而观测的星系数目却小于理论预测[14]。

其中支持第二个观测证据的更多的证据来源于：如果暗物质晕总又固定比例的重子转化形成恒星，现观测到的暗端星系的数目相对于亮端的星系数目仍然太多。如今同样也有更多的证据表明星系形成的效率强烈的取决于暗物质晕的质量。

显然为了解决这些问题，肯定需要某些机制来阻碍暗端星系的恒星形成。其中一种机制就是超新星爆发以及恒星风所注入的能量和角动量，从而阻碍恒星的形成效率。该问题同样出现在亮端的大质量星系，虽然在这些星系总气体的冷却效率很低，但仍然应该有大量的冷气体生成形成恒星，也因此应该存在更高光度的星系。为了解释该问题活动星系核（AGN）的反馈机制认为是一种可能解决方法。当前观测可以看出星系内部的恒星级活动都会产生大量的X射线以及相应的高温热气体。这种星系不断形成恒星，同时恒星的活动有会影响恒星形成率的相互影响的过程被称为反馈活动。除此之外星系的形成与演化过程中的feedback具体指星系中的恒星或AGN抑制星系继续将重子物质形成新的恒星的过程，主要形式有恒星的反馈和AGN的反馈。

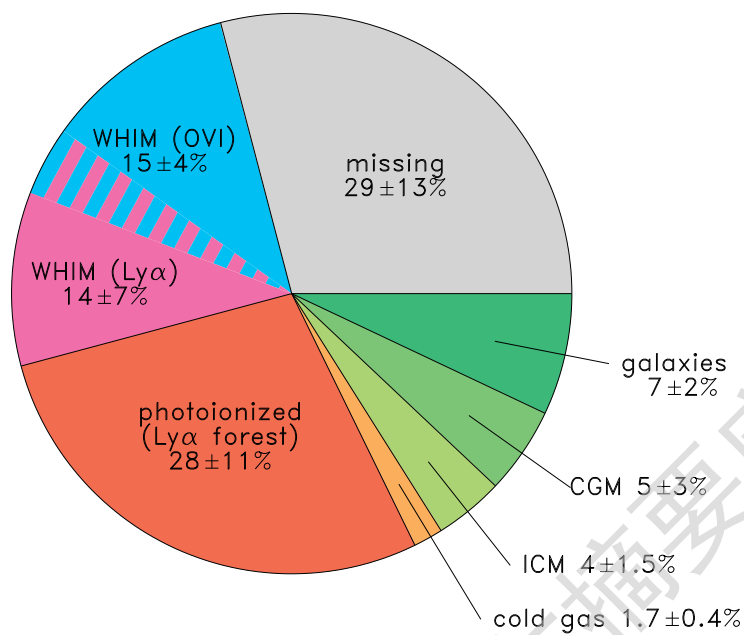


图1.2 当前的宇宙重子物质的分布状况，可一看到星系恒星只占很小一部分 [13]。

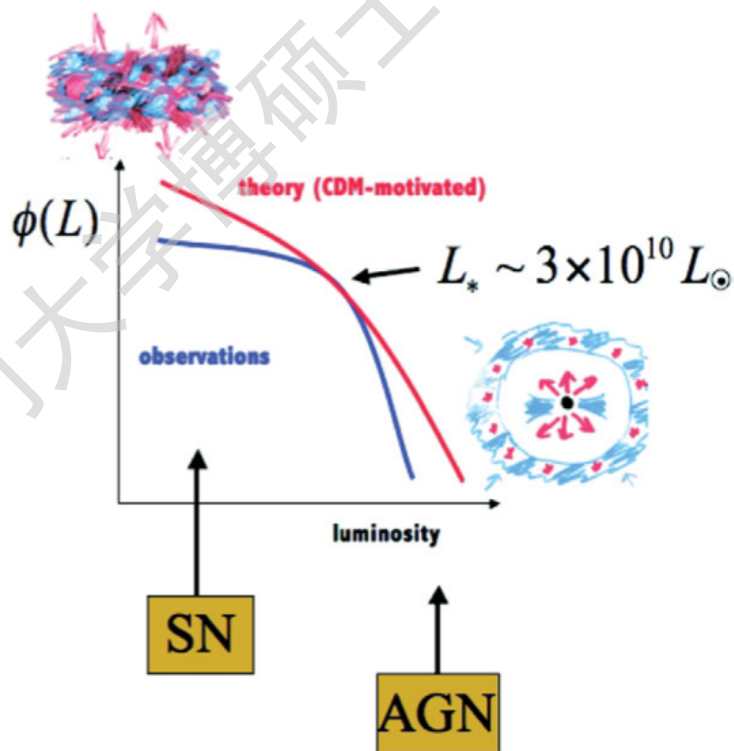


图1.3 理论计算的星系质量方程和观测的光度函数的比较，在低质量星系，理论预测应该有更多星系数目，而观测的星系数目却小于理论预测 [4]。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库